This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

Eng
5508.
94.3

GODFREY LOWELL CABOT SCIENCE LIBRARY
of the Harvard College Library

This book is
FRAGILE
and circulates only with permission.
Please handle with care
and consult a staff member
before photocopying.

Thanks for your help in preserving
Harvard's library collections.

Digitized by Google

Digitized by Google

Eng. 5508.94.3

Ueber

die Bedeutung wissenschaftlicher Ballonfahrten.

Festrede

gehalten in der

öffentlichen Sitzung der k. b. Akademie der Wissenschaften zu München

am 15. November 1894

von

L. Sohncke
o. Mitglied der mathematisch-physikalischen Klasse.

München 1894
Verlag der k. b. Akademie.
In Kommission des G. Franz'schen Verlags (J. Roth).

Digitized by Google

Eng 5508.74.3

Harvard College Library
Mar. 10, 1898.
Gift of the
Museum o. Comp. Zool.

Digitized by Google

Hochansehnliche Versammlung!

Es genügt dem denkenden Menschen nicht, in eintöniger Erfüllung seiner Pflicht stumpf dahinzuleben, ohne über den nächsten Kreis seiner gewohnten Thätigkeit hinauszusehen; es ist ihm vielmehr ein Bedürfniss, sich über die Enge seines besonderen Standpunktes zu erheben und zunächst zu einer umfassenderen Kenntniss seiner Umgebung, schliesslich zu einer allgemeineren Anschauung der Welt, in die er sich mitten hineingestellt findet, vorzudringen. Mannigfaltig sind die Wege, auf denen die Menschen die Befriedigung dieses Bedürfnisses gesucht haben und noch suchen. Während so manche Philosophen alter und neuer Zeiten gemeint haben, aus ihrem eigenen Inneren heraus eine zutreffende Weltanschauung konstruiren zu können, sind Andere bestrebt, auf empirischem Wege eine möglichst vollkommene Kenntniss der Welt zu erlangen.

Die elementarste und daher am häufigsten angewandte Art, den Horizont zu erweitern, — zunächst im buchstäblichen Sinne des Wortes, dadurch aber sofort auch im übertragenen Sinne, — ist offenbar die Ausführung von Reisen. Der Genuss, den das Reisen gewährt, scheint mir ganz wesentlich durch das Lustgefühl bedingt zu sein, welches jede Bereicherung und Vervollkommnung unserer selbst, beim Reisen also die Aufnahme neuer Eindrücke und die Erweiterung der Anschauungen und Kenntnisse, nothwendig mit sich bringt. Wenn der Alpenwanderer nach langem und beschwerlichem Aufstieg den höchsten Gipfel erklommen hat und nun mit entzückten Sinnen die herrliche Alpenwelt zu seinen Füssen ausgebreitet sieht,

Digitized by Google

so entspringt das Hochgefühl, von dem seine Brust geschwellt ist, zum Theil freilich aus der Freude über die Besiegung aller Hindernisse und Schwierigkeiten, zum grössten Theil aber doch daraus, dass er durch die schier unermessliche Erweiterung seines Horizontes sich aus der beschränkten Enge des gewöhnlichen Daseins emporgehoben, sein eigenes Ich gleichsam erweitert und vervollkommnet fühlt.

Ganz ähnliche Erfahrungen wie dem Wanderer im Gebirge, nur in noch hoch gesteigertem Masse, sind demjenigen beschieden, dem es vergönnt ist, aus dem schwanken Nachen des Luftschiffes auf die tief unter ihm liegenden Länder hinabzuschauen. Losgelöst von der Scholle hat er alle Kleinlichkeiten des Erdendaseins weit unter sich gelassen; er schwebt in erhabener Einsamkeit und Weltabgeschiedenheit. Nur hin und wieder dringt aus der Tiefe ein Laut empor, der an das irdische Getriebe erinnert: der Pfiff einer Lokomotive, ein Flintenschuss, das Bellen eines Hundes. Dann herrscht wieder tiefe Stille, durch keinen Laut unterbrochen. Kein Lüftchen scheint sich zu regen, selbst wenn der Ballon mit 10 oder 20 m Geschwindigkeit in der Secunde dahingetragen wird; denn alle Luft im weiten Umkreise bewegt sich ja mit derselben Geschwindigkeit; nur eine Verschiedenheit seiner Bewegung von derjenigen der Umgebung würde sich fühlbar machen. — Die Sonne hat ein weitmaschiges Netz von Lichtern und Wolkenschatten über die Gefilde ausgebreitet, das schnellem Wechsel unterworfen ist. Haufwolken von phantastischen Formen steigen dicht vor dem Luftschiffer empor; hoch über ihm in unbestimmter Ferne zieht leichtes Schleiergewölk dahin.

Die Phantasie wird durch die Luftfahrt mächtig angeregt: Wir verfolgen im Geiste das Spiel der auf- und absteigenden Luftströme, dem die Haufwolken ihr Dasein verdanken; das Luftmeer erschauen wir von mächtigen Strömen durchfluthet, die in den verschiedensten Richtungen über einander hinfliessen: die einen sehen wir über den weiten Meeresflächen oder über den üppig bewaldeten Ländern der heissen Zone emporsteigen, andere von den eisigen Gefilden der

Digitized by Google

Polarländer herandringen, in ewigem Wechsel. Diese Anregung der Phantasie ist eine unschätzbare Mitgift der Ballonfahrten; denn die Phantasie ist ein Kleinod für die Wissenschaft; sie ist das productive Element; sie verknüpft, auf Grund irgend welcher, vielleicht nur äusserlicher Aehnlichkeiten, die scheinbar entlegensten Dinge. Sache des prüfenden Verstandes ist es, nachher festzustellen, ob solche Verknüpfung Werth hat, ob sie dem inneren Wesen der Dinge entspricht oder nicht.

Ohne das wildeste Spiel der Phantasie, welches sogar Beziehungen herstellen wollte zwischen den Dimensionen der Planetenbahnen und der geeignet in einander gestellten fünf regelmässigen Körper, wäre Kepler nie zu seiner unsterblichen Entdeckung der Gesetze der Planetenbewegung vorgedrungen. Ohne die göttliche Phantasie, welche in den verschiedensten Erscheinungsformen die verwandten Züge ahnend erschaut, hätte es Goethe nicht vermocht, mit seinen morphologischen Arbeiten (über Osteologie und über die Metamorphose der Pflanzen) einen Grundstein zu legen zur Entwicklungslehre der Lebewesen.

Schon sehr früh haben sich die Menschen danach gesehnt, dem Vogel gleich sich vom Boden zu erheben und in freiem Spiel die Lüfte zu durcheilen; Jahrtausende lang vergebens. Wie oft mag dieser Sehnsucht Ausdruck verliehen sein, ähnlich der Klage Fausts beim Anblick der scheidenden Sonne:

„O dass kein Flügel mich vom Boden hebt,
Ihr nach und immer nach zu streben!“

Als dann endlich 1782 die Gebrüder Montgolfier die Schwere besiegen lehrten, welche die Menschheit so lange und scheinbar so unwiderstehlich an den Boden gefesselt hatte; da ergriff ein wahrer Freudentaumel die Völker. Man muss Berichte aus der damaligen Zeit lesen, nicht etwa nur in den Tagesblättern, nein! auch in wissenschaftlichen Zeitschriften, um eine Vorstellung von der Aufregung zu erhalten, in welche die ganze Welt durch jene Erfindung versetzt wurde.

Digitized by Google

Es versteht sich von selbst, dass auch die Wissenschaft nicht zögerte, auf diesem neuen Wege ihren Horizont zu erweitern. Bereits 1784 fand die erste wissenschaftliche Ballonfahrt statt;[1]) sie wurde in London durch einen amerikanischen Arzt John Jeffries unternommen; es ist derselbe kühne Mann, der zwei Monate darauf von England aus mit dem Ballon den Canal überflog. Zwanzig Jahre später führte der berühmte Pariser Gelehrte Gay-Lussac seine viel citirten zwei Fahrten aus, die erste gemeinsam mit Biot, nachdem ein Jahr zuvor Robertson in Hamburg und dann in St. Petersburg zu wissenschaftlichen Zwecken aufgestiegen war. — Als dann nach langer Pause 1850 die Fahrt von Barral und Bixio in Paris die merkwürdigsten Ergebnisse geliefert hatte, beschloss die British Association f. th. adv. of sc. die Erforschung der Atmosphäre im grossen Stil. In ihrem Auftrage unternahm John Welsh 1852 seine vier mustergültigen Fahrten; in ihrem Auftrage eröffnete zehn Jahre später James Glaisher die glänzende Reihe seiner dreissig wissenschaftlichen Luftreisen. Darauf folgen zahlreiche wissenschaftliche Aufstiege in Frankreich, von Tissandier, Flammarion u. A. Vor wenigen Jahren begann endlich auch Deutschland an diesen hochfliegenden Bestrebungen sich zu betheiligen: der Münchener Verein für Luftschiffahrt, Ende 1889 gegründet, kann bereits neun von ihm ins Werk gesetzte und literarisch bearbeitete wissenschaftliche Fahrten aufweisen. Bei ihrer Ausführung erfreute er sich, auf die huldvolle Verwendung Seiner königlichen Hoheit des Prinzen Rupprecht hin, des werkthätigen Interesses des k. Staatsministeriums des Innern für Kirchen- und Schulangelegenheiten, wofür auch an dieser Stelle geziemender Dank ausgesprochen sei. In Berlin gewann der Deutsche Verein zur Förderung der Luftschiffahrt die Unterstützung der königlich preussischen Akademie der Wissenschaften, sodann aber wurde er durch die echt fürstliche Munificenz Seiner Majestät des Kaisers zu grossartiger Thätigkeit begeistert, so dass er sich seit wenigen Jahren einer grossen Zahl wichtiger, zum Theil sehr hoch geführter Fahrten rühmen kann.

Digitized by Google

Mit Spannung sieht die wissenschaftliche Welt der Veröffentlichung der gewonnenen Ergebnisse entgegen, welche ohne Zweifel einen Schatz neuer Erkenntnisse darbieten wird. Seither ist das Interesse an diesen Unternehmungen allerorten gewachsen, so in Oesterreich, Schweden, Russland, Frankreich, Nordamerika und anderwärts.

Die Aufgaben, welche durch alle diese Fahrten zu lösen gesucht wurden, sind mannigfaltig, wie die Naturwissenschaft selbst; hier mögen einige erwähnt sein.

Es ist versucht worden, zu ermitteln, wie schnell durchschnittlich die Temperatur nach oben hin abnimmt; diese Abnahme ergibt sich stärker bei heiterem Wetter als bei trübem. Die tiefste Temperatur haben bisher Barral und Bixio angetroffen, indem sie am 27. Juli 1850 in beinahe 7000 m Höhe -39.7^0 C. beobachteten. Nicht ganz so tiefe Temperatur (36.5^0) fanden Gross und Berson am 11. Mai 1894 in 7700 m Höhe innerhalb einer Schnee- und Eiswolke von mehr als 6000 m Mächtigkeit. Aber ein von Hermite in Paris am 21. März 1893 ausgesandter Ballon, der anstatt Beobachter nur Registrirapparate trug, verrieth bei der Auffindung, dass in 14,000 m -55^0 geherrscht hatten;[2]) und in derselben Weise wurde vermittelst eines von Berlin abgesandten Ballons für den 6. September 1894 in ca. 18,500 m Höhe eine Kälte von -67^0 nachgewiesen.

Andere Aufgaben betreffen die Feuchtigkeitsabnahme nach oben hin; ferner die Feststellung von Windrichtungen und Windgeschwindigkeiten. Ueberraschend schnell war z. B. die Bewegung des eben erwähnten Berliner Ballons, welcher auf seinem Wege zum Gouvernement Wilna in 1 Secunde durchschnittlich 33 m zurückgelegt hat.

Die Zusammensetzung der Luft in grossen Höhen wurde bereits von Gay-Lussac untersucht; die beiden von ihm aus etwa 6600 m Höhe herabgeholten Proben erwiesen sich genau ebenso zusammengesetzt wie die Luft hienieden.

Von besonderem Interesse sind die physiologischen Erscheinungen, welche im Gefolge der Luftverdünnung auftreten. Mit

Digitized by Google

wachsender Höhe beschleunigt sich Puls und Athmung. In 3000 bis 4000 m Höhe fanden Biot und Gay-Lussac die minutliche Zahl der Pulsschläge um ein Drittel vergrössert.[3]) Oberhalb 5000 m stellen sich bereits Athembeschwerden und allgemeine Erschlaffung ein. Bei 7000—8000 m beginnen Ohnmachtsanfälle, wie sie z. B. Glaisher am 5. September 1862 und Gross und Berson am 11. Mai 1894 in 8000—9000 m Höhe erlebten. In solchen Höhen müssen die Lebensgeister durch das Einathmem mitgenommenen Sauerstoffs wach erhalten werden. Und trotz dieser Massregel hatte bekanntlich die am 15. April 1875 von den drei Luftfahrern Tissandier, Crocé-Spinelli und Sivel unternommene Fahrt einen hochtragischen Ausgang; denn als Tissandier aus der Ohnmacht, die ihn in 8000 m Höhe befallen hatte, erwachte, fand er seine beiden Gefährten als Leichen.

Auf die mancherlei akustischen und optischen Aufgaben, welche sich darbieten (Untersuchung der Schallstärke, des Echos, der Aureolen, der Himmelspolarisation etc.) will ich hier nicht näher eingehen.

Eine der am frühesten untersuchten Erscheinungen war die Abnahme des Erdmagnetismus mit der wachsenden Höhe. Gay-Lussac vermochte eine solche an den Schwingungen seines Magnetstabes nicht zu erkennen, vielleicht weil sie durch Intensitätszunahme seines Magneten mit der Kälte zum Theil verdeckt wurde. Glaisher hat sie 1864 und 1865 nachgewiesen.

Schliesslich beanspruchen die elektrischen Untersuchungen ein erhebliches Interesse. Schon Biot und Gay-Lussac fanden das obere Ende eines aus dem Korbe herabhängenden Drahtes von 78 m Länge negativ elektrisch, was mit der Annahme einer ständigen negativen Ladung des Erdkörpers übereinstimmt. Gegenwärtig ist man bestrebt, das Potentialgefälle zu ermitteln, d. h. die Aenderung der elektrischen Spannung mit der Höhe. Doch sind die bisherigen Erfahrungen, wenigstens in den untersten 2000 m, noch wenig übereinstimmend, vielleicht in Folge der wechselnden Bevölkerungsverhältnisse, die den grössten Einfluss haben. In grösseren Höhen

Digitized by Google

(3000—4000 m) wird aber die Aenderung unmerklich. Vorläufig scheinen die Beobachtungen zu dem Schluss zu berechtigen, dass die unteren Schichten negativ elektrisirte Theilchen (z. B. Staub- oder Wassertröpfchen), die höheren Schichten dagegen positiv elektrische Theilchen enthalten.[4])

So wichtig und hochbedeutend die verschiedenen bisher erwähnten Aufgaben nun auch sind, welche mit Hülfe von Ballonfahrten in Angriff genommen und zum Theil gelöst wurden, so liegt die Hauptbedeutung der wissenschaftlichen Luftfahrten doch ohne Zweifel auf dem rein meteorologischen Gebiet. Um dies klar hervortreten zu lassen, muss ich etwas weiter ausholen und einen, wenn auch flüchtigen, Rückblick auf die Entwicklung der Meteorologie werfen.

Schon alt ist die Erkenntniss, dass es die Sonne ist, welcher der Wind sein Dasein verdankt, indem die durch Wärme ausgedehnte Luft emporsteigt und oben seitlich abfliesst, während unten Luft von minder heissen Gegenden herbeiströmt. Dass insbesondere die Passatwinde durch den Temperaturunterschied der äquatorialen und der weiter polwärts gelegenen Gegenden hervorgerufen und dauernd unterhalten werden, hat Halley (1686) schon klar erkannt. Hadley aber (1735) fand in der Axendrehung der Erde die Ursache, welche die Strömung der Passate von den rein meridionalen Richtungen ablenkt. Diese regelmässigen Winde, welche unten etwa aus NO, bezw. SO, in der Höhe aber aus den entgegengesetzten Richtungen wehen, sind freilich auf einen Erdgürtel beschränkt, der bei etwa 30^0 nördlicher und südlicher Breite seine Grenzen hat. Daran schliessen sich die etwa 10 Breitegrade einnehmenden Rossbreiten, die durch höheren Druck und geringe Luftbewegung ausgezeichnet sind. Die jenseit derselben gelegenen Gebiete endlich — also unsre Breiten — erfreuen sich bekanntlich vielfach wechselnder Winde. Nichtsdestoweniger sah Dove auch hier in jedem aus südlichen oder westlichen Regionen herwehenden Winde der Nordhemisphäre einen herabgestiegenen oberen Passat oder Aequatorialstrom, in jedem aus

Digitized by Google

nördlichen oder östlichen Gebieten kommenden Wind einen beginnenden unteren Passat oder Polarstrom — und analog für die Südhemisphäre, und er führte die Gesammtheit der Witterungserscheinungen unsrer Breiten auf das gegenseitige Verdrängen dieser Ströme zurück, die er bald neben-, bald übereinander hin fliessend dachte.

Diese Dove'sche Lehre vom Wechselspiel des Aequatorial- und Polarstroms hat Jahrzehnte lang die Meteorologie beherrscht, obgleich sie im einzelnen Falle kaum je im Stande war, von dem eigentlichen Grunde jener Verdrängung wirklich befriedigende Rechenschaft zu geben. Endlich mit Beginn der sechziger Jahre brach sich eine neue Auffassung der Witterungsvorgänge Bahn. Indem man dazu fortschritt, die über einem grösseren Gebiete gleichzeitig vorhandene Witterung kartographisch darzustellen — was durch die stets anwachsende Zahl meteorologischer Beobachtungsstationen und durch telegraphische Uebermittlung wesentlich begünstigt wurde —, und indem man Tag für Tag eine solche Wetterkarte für die 8. Morgenstunde entwarf, war man in den Stand gesetzt, die Luftströmungen in ihrem wahren Verlauf und in ihren zeitlichen Aenderungen genauer zu verfolgen und ihren Zusammenhang mit der gleichzeitigen Vertheilung des Luftdrucks zu erkennen.

Das auf diesem Wege gewonnene Bild der Wetterlage sieht nun freilich sehr anders aus, als nach der Dove'schen Lehre zu erwarten war. Wenn man auf der Landkarte je alle Orte, welche denselben (aufs Meeresniveau reducirten) Luftdruck aufweisen, durch eine Curve verbindet, und solche Isobaren etwa im Abstande von 5 zu 5 mm Barometerstand zeichnet, so erscheinen dieselben als geschlossene Linien, welche bald ein Gebiet niedrigsten Luftdrucks, eine sogenannte Depression oder ein Barometerminimum, bald ein Gebiet höchsten Druckes, ein Barometermaximum einschliessen. Die Winde umkreisen ein Minimum (und zwar entgegen der Uhrzeigerbewegung auf der nördlichen Halbkugel), indem sie sich ihm in Spiralen nähern, sie umkreisen ein Maximum (im Sinne des Uhrzeigers auf unsrer Halbkugel), indem sie sich in Spiralen von ihm

Digitized by Google

entfernen. — Die längste Zeit hindurch sind also in unsern Breiten die Luftmassen in wirbelnder Bewegung. Während nun die Barometermaxima oft längere Zeit ziemlich unverändert verharren, pflegen die Minima zu wandern, und zwar im allgemeinen in östlicher Richtung. — Indem man somit in beiderlei Wirbeln die Luftströmungen fortwährend ihre Richtung auf der Erdoberfläche ändern sah, erinnerte man sich auch der geometrisch erwiesenen Thatsache, dass jeder horizontal bewegte Körper, wenn keine anderweitigen Kräfte auf ihn wirken, lediglich in Folge der Axendrehung der Erde eine fortdauernde Richtungsänderung erleiden muss, die dem sinus der geographischen Breite proportional ist und auf der nördlichen Halbkugel nach rechts für den Nachschauenden erfolgt, auf der Südhalbkugel nach links.

Durch die Wetterkarten war nun also zweifellos erwiesen, dass unser Wetter sammt seinen Aenderungen unmittelbar bedingt ist durch die Vertheilung und Wanderung der Maxima und Minima mit ihren wirbelnden Luftmassen. Und hieraus folgte dann, dass die atmosphärischen Vorgänge jedenfalls nicht so einfach durch die gegenseitige Verdrängung von Polar- und Aequatorialströmen bedingt sein können, wie Dove es lehrte. So geschah es, dass diese Vorstellung nun gänzlich fallen gelassen wurde, und dass man sich jetzt längere Zeit lediglich damit beschäftigte, die augenblickliche Vertheilung der Maxima und Minima aufzusuchen und mit der herrschenden Witterung zu vergleichen. Dadurch erschien dann die Witterung als erklärt, gleichwie sich ihre Aenderungen aus den Lagenänderungen der Maxima und Minima erklärten. Aber woher stammen denn diese Maxima und Minima selber, und was ist die Ursache ihrer Wanderungen? Diese Fragen von grundlegender Bedeutung mussten nothwendig beantwortet werden, wenn die Witterungsvorgänge nur einigermassen für verstanden gelten sollten. Und man ging muthig daran, sie zu beantworten.

Wenn die Luft über einem gewissen Gebiete in Folge besonders starker Einstrahlung und besonders günstiger Terrainverhältnisse sich

Digitized by Google

hochgradig erhitzt, so muss sie eine zunehmende Auflockerung erleiden, und weil die nach oben ausgedehnte Luft in der Höhe abfliesst, so muss der Druck am Boden abnehmen: ein Minimum ist entstanden. Analog muss durch starke Abkühlung von unten her ein Maximum sich herausbilden. Die spiralige Luftbewegung aber, sei es zum Minimum hin, sei es vom Maximum weg, ist eine Folge der Erddrehung. Die im allgemeinen gen Osten gerichtete Wanderung der Minima aber wurde darauf zurückgeführt, dass auf der Ostseite des Minimums sich Luft vorfindet, die aus niederen Breiten herbeigeströmt, also wärmer und wasserdampfreicher ist, als die übrige Luft, so dass östlich immer gleichsam von neuem ein Minimum entsteht. Und diese Ueberlegung schien durch den von Loomis aufgestellten Satz wesentlich gestützt zu werden, dass das Fortschreiten im allgemeinen nach jener Richtung hin erfolge, woselbst in den letzten acht Stunden die ausgedehntesten Niederschläge gefallen seien.

Ist dies nun wirklich die richtige Erklärung des Entstehens und Wanderns der Minima und Maxima? Einigermassen bedenklich musste man schon dadurch werden, dass die Wetterprognosen, welche sich bezüglich der zu erwartenden Fortschrittsrichtung der Minima hauptsächlich auf die angedeuteten Ueberlegungen stützten, so oft versagten; und dass man seine Zuflucht bald zu den für die verschiedenen Jahreszeiten erfahrungsmässig festgestellten „häufigsten Zugstrassen“ der Minima nahm. Den strengen Beweis für die Unzulänglichkeit der Theorie, die das Spiel der Maxima und Minima durch die in und neben ihnen an der Erdoberfläche herrschenden Zustände bedingt ansieht, erbrachte aber Hr. Hann,[5]) indem er auf Grund vieler Gipfelbeobachtungen zeigte, dass in einem typischen Maximum die Luft bis zu mehr als 3000 m hinauf aussergewöhnlich warm ist (6—8 Grad über normal), nicht kalt, wie es die angedeutete Auffassung der Maxima fordert; und dass ferner in einem Barometerminimum die Luft verhältnissmässig kalt ist, nicht warm, wie es die bisherige Ansicht verlangte. Ist nun aber die Haupt-

Digitized by Google

masse der Luft im Barometermaximum, abgesehen von der untersten Schicht, aussergewöhnlich warm, so kann die Entstehung des Maximums nicht auf die grosse Luftdichtigkeit zurückgeführt werden, die durch local abkühlende Ursachen am Boden erzeugt sei. Das Barometermaximum kann also kein Effect der Lufttemperatur sein; vielmehr kann nur umgekehrt die hohe Temperatur durch die vertical absteigende Bewegung im Maximum, also nur dynamisch, erzeugt sein. — Wenn somit die Maxima und Minima nicht am Boden ihre Ursache haben können, so bleibt nur übrig, dass sie aus der Höhe stammen.

Ganz unabhängig von diesen wichtigen Hann'schen Untersuchungen wies Werner Siemens 1886 in seiner „Erhaltung der Kraft im Luftmeer" und einigen anderen Abhandlungen mit allem Nachdruck darauf hin, dass die Meteorologie auf dem von ihr eingeschlagenen Wege nicht zum Ziel kommen könne, dass vielmehr die Ursache für das Auftreten und Fortschreiten der Maxima und Minima ausschliesslich in der Höhe zu suchen sei, indem diese Gebilde nothwendige Folgeerscheinungen der allgemeinen atmosphärischen Circulation seien. Und, ausgehend von dem Grundgedanken, dass alle Luftbewegung nur Sonnenarbeit sein könne, schilderte er in grossen Zügen das Windsystem der Erde. Hiemit war das allgemeine Interesse von neuem der hochwichtigen und noch keineswegs befriedigend beantworteten Frage nach der allgemeinen Circulation der Atmosphäre zugewandt, die seit Verdrängung der Dove'schen Lehre ungebührlich vernachlässigt war. Der Fortschritt der Wissenschaft befolgt eben nie den kürzesten Weg, er gleicht vielmehr einer Wellenlinie, die sich um den geraden Weg der Erkenntniss herumwindet, bald nach dieser, bald nach jener Seite abweichend. Eine einseitige Auffassung wird beiseite geworfen und durch eine andere einseitige Auffassung verdrängt; erst die Nachwelt ist zu objectivem Urtheil befähigt.

In Amerika hatte schon seit einem Menschenalter Ferrel ausgedehnte Untersuchungen über die allgemeine Circulation angestellt,

Digitized by Google

ohne indess eine völlig erschöpfende Lösung des Problems zu liefern. Die nunmehr, auf die Siemens'sche Anregung hin, von Hrn. Oberbeck angestellten wesentlich allgemeineren, wenngleich immer noch nicht abschliessenden theoretischen Untersuchungen führten zu Ergebnissen, die wenigstens im grossen mit den Ferrel'schen harmoniren.

Endlich lehrte Helmholtz verstehen, warum die ungeheuern Windgeschwindigkeiten, welche aus der Verlagerung von Luftmassen in andere Breiten eigentlich hervorgehen müssten, thatsächlich nicht zu Stande kommen. Haupthemmung ist nicht sowohl die Bodenreibung, als „die Vermischung verschieden bewegter Schichten durch Wirbel, die durch Aufrollung von Discontinuitätsflächen entstehen." Hier „werden die ursprünglich getrennten Luftschichten in immer zahlreicheren und immer dünner werdenden Lagen spiralig umeinander gewickelt": in dieser ungeheuer ausgedehnten Berührungsfläche geschieht Ausgleichung der Temperatur und der Bewegungen durch Reibung.[6])

Auf Grund dieser verschiedenen Untersuchungen stellt sich das allgemeine Windsystem der Erde, in gröbsten Umrissen gezeichnet, jetzt etwa so dar. Auf jeder Erdhälfte bilden der untere und obere Passat zusammen einen grossen Wirbelring mit horizontaler, wie ein Parallelkreis verlaufender Axe, der den Raum zwischen Aequator und Rossbreiten ausfüllt, sich jedoch im Laufe des Jahres um mehrere Breitengrade hin und her verschiebt, je nach der sommerlichen Erdhälfte hin. Am Aequator, wo die Passatwirbelringe der Nord- und Südhalbkugel aneinander grenzen, findet sich das Gebiet der Calmen. Dieses scheint aber nur auf die unteren Luftschichten beschränkt zu sein, in grösserer Höhe hingegen einem ständigen Ostwind Platz zu machen. Das folgt nicht nur aus theoretischen Untersuchungen, sondern es wird auch durch die Verbreitungsart der beim Krakatau-Ausbruch, 27. August 1883, in die Lüfte geschleuderten feinen Staub- und Dunstmassen, welchen die merkwürdigen Dämmerungserscheinungen vermuthlich ihre Entstehung verdankten, wahrscheinlich gemacht.[7])

Digitized by Google

Jenseits der Rossbreiten bildet auf jeder Halbkugel die ganze Luftmasse bis zum Pol im wesentlichen einen grossen Wirbel, in welchem die Luft im grossen und ganzen von W nach O, also um die Erdachse als Wirbelaxe, bewegt ist. (Ferrel'sche Wirbel.) Aber für jede Halbkugel sind Passatwirbelring und angrenzender Ferrel'scher Wirbel nicht völlig geschlossene und von einander unabhängige Gebilde, sondern sie greifen in den Rossbreiten ineinander. Die Oberwinde der Passatwirbel gehen zum Theil polwärts weiter, um die Ferrel'schen Wirbel zu speisen, zum Theil kehren sie im unteren Passat zurück. Weiteres Material für den unteren Passat liefern ferner gewisse herabsinkende Theile der grossen Ferrel'schen Wirbel. Die Beschaffenheit dieser Ferrel'schen Wirbel selber ist zur Zeit noch am wenigsten aufgeklärt; nach Ferrel würden sie im allgemeinen aus drei übereinanderliegenden Schichten bestehen: der höchsten Schicht, welche stets ein Westwind ist, mit geringer polwärts gerichteter Componente; der tiefsten, welche meistens ebenfalls etwa in jener Richtung, wenn auch minder schnell, bewegt ist, und einer mittleren, bei uns aus NO bis NW, auf der Südhemisphäre aus SO bis SW her bewegten, welche aber nicht selten auch bis zum Boden herabsteigt. Durch letztere wird der untere Passat gespeist. Hauptsächlich innerhalb der Ferrel'schen Wirbel spielen sich endlich die Vorgänge der Maxima und Minima ab. — Das hier schematisch gezeichnete allgemeine Windsystem der Erde erleidet nun noch manche tiefgreifende Aenderungen durch die ungleichförmige Bedeckung der Erdoberfläche mit Wasser und Land und durch das Emporragen der Gebirge.

Nun müssen, wie Siemens ausführt, die Luftströmungen in der Höhe vielfache Verschiedenheiten der Temperatur und Geschwindigkeit darbieten. Denn abgesehen von anderen Umständen bedingt schon der Wechsel der Jahreszeiten, dass die in den Tropen aufsteigenden Luftmassen nicht immer die nämliche Temperatur und den nämlichen Wassergehalt besitzen. Und die Temperaturunterschiede, welche zwei Luftmassen vor dem Aufsteigen hatten, bleiben

Digitized by Google

ihnen auch oben trotz eingetretener Abkühlung im wesentlichen erhalten. Aenderungen treten nur durch verschiedene Condensation ein. Wenn nun der bisher in der Höhe fliessende Strom z. B. von einem wärmeren und leichteren abgelöst wird, so müssen die nunmehr entlasteten unteren Schichten sich ausdehnen und oben von der über sie hinströmenden leichteren Luft mitgerissen werden. Am Boden sinkt also das Barometer, und es bildet sich ein Minimum. Analog begreift man die Entstehung eines Barometermaximums durch entgegengesetzte Aenderungen in den oberen Regionen. Mit den angedeuteten Vorgängen in der Höhe sind aber sicher die Entstehungsursachen der Maxima und Minima noch nicht erschöpft;[8]) nachher wird sich Gelegenheit bieten, wenigstens auf eine andere mögliche Ursache noch kurz hinzuweisen.

Soviel geht aus diesen Ueberlegungen hervor: Wenn uns die geographische Herkunft der Luftströme bekannt wäre, die augenblicklich hoch oben über uns hinziehen, so hätten wir eine tiefere Einsicht in die Ursache der herrschenden Witterung, ja wir hätten dann — etwa auf Grund der Kenntniss der seither in jenem Ursprungsgebiet erfolgten Wetteränderungen — auch wohl eine sicherere Handhabe zur Vorausbestimmung unsres Wetters als bisher. Aber leider ist es den Menschen heute noch ebenso unbekannt, wie zu Christi Zeiten, „von wannen der Wind kommt“.

Der geschilderte Zustand unsrer gegenwärtigen Einsicht in das allgemeine Windsystem der Erde und in seinen Zusammenhang mit den Maxima und Minima, die unser Wetter bedingen, ist augenscheinlich noch höchst unbefriedigend. Mit Beschämung werden wir gewahr, in wie hohem Grade „unser Wissen Stückwerk“ ist. Und doch kann uns dies bei näherer Betrachtung gar nicht wundern. Ist es nicht unbillig, zu verlangen, dass uns eine Theorie über diese höchst verwickelten und wechselnden Vorgänge im ungeheuren Luftocean erschöpfende Auskunft geben soll, während die Beobachtungen, die doch das Fundament und dann wiederum den Prüfstein jeder Theorie bilden müssen, noch so gänzlich unzureichend sind? Die

Digitized by Google

Meteorologie hat sich ja bisher so gut wie ausschliesslich mit der Kenntniss des Luftzustandes am Boden des Luftmeeres begnügt; sie hat einerseits klimatische Mittelwerthe abgeleitet; andrerseits hat sie es versucht, trotz ihrer ganz einseitigen Erfahrungen über die Zustände am Grunde des Luftoceans, Schlüsse auf die Vorgänge und Zustände der Gesammtatmosphäre zu ziehen. Dass letztere Versuche keineswegs immer befriedigenden Erfolg aufzuweisen hatten, das lehrt ein Blick auf die Wetterprognosen.

Freilich hat man seit einer Reihe von Jahren meteorologische Stationen errichtet, die möglichst weit in die Luft emporragen: die Gipfelstationen; und die daselbst angestellten Beobachtungen haben unsre Vorstellungen schon in mancher Hinsicht berichtigt. Aber auch hier ist der Zustand der Luft noch viel zu sehr beeinflusst durch die Nähe des festen Bodens. Wesentlich näher kommt dem Ideal einer Freiluftstation der ätherisch leicht gebaute Eiffelthurm in Paris. Und wirklich sind hier einige wichtige Ergebnisse gewonnen. Man hat z. B. die fast regelmäsig Nachts vorhandene Temperaturzunahme mit der Höhe kennen gelernt; ferner hat man gefunden, dass in 300 m Höhe die Windgeschwindigkeit durchschnittlich viermal so gross ist, als am Boden, nämlich 8.6 m in der Secunde beträgt, u. a. Aber es ist doch sicher keine Aussicht dazu vorhanden, dass ähnliche Hochwarten in grösserer Zahl errichtet werden; und ausserdem wäre auch ihre Höhe immer noch viel zu gering.

So befindet sich die Meteorologie gegenwärtig in dem Zustande einer gewissen Stagnation; auf die bisherigen Methoden beschränkt, erscheint sie unfähig, ihr Hauptziel zu erreichen, welches darin bestehen muss, gleich ihrer älteren, exacteren Schwester, der Astronomie, künftige Ereignisse mit Sicherheit vorauszuverkünden. Die Meteorologie bedarf neuer Methoden zur Eroberung einer neuen Welt von Thatsachen: nämlich zur Erforschung der Zustände des Luftmeeres in den verschiedensten Höhen bei den verschiedensten Wetterlagen. Die tausendfach erweiterte Kenntniss von der Luftbeschaffenheit in den höheren Regionen der Maximal- und Minimal-

Digitized by Google

gebiete unter den verschiedensten Umständen, sowie von den Strömungen in der Höhe muss einen Umschwung der meteorologischen Wissenschaft herbeiführen. Die Methode aber, welche dies zu leisten vermag, ist selbstverständlich die Benutzung des Ballons, sei es des gefesselten, sei es des freien. Dem Fesselballon kommt übrigens die weit geringere Bedeutung zu; denn mit jeder Aenderung der Windstärke ändert er seine Höhelage, und bei stärkerem Winde ist er überhaupt nicht verwendbar. Zudem ist seine Höhe immer noch zu beschränkt. Also bleibt wesentlich nur der freie Ballon übrig, der den Beobachter zu den höchsten Höhen emporträgt, welche mit den Lebensbedingungen des Menschen noch vereinbar sind. Und noch weit über diese Höhen hinaus vermag der unbemannte, nur mit Registririnstrumenten versehene Ballon vorzudringen, der bei etwaiger Auffindung nach seinem Falle von jenen entlegensten Regionen Kunde gibt.

Wenn hier der Beginn einer neuen Aera der Meteorologie von der Verwerthung der Ergebnisse wissenschaftlicher Luftfahrten erhofft, ja verheissen wird, so liegt der Einwurf nahe, dass solche Fahrten ja nichts Neues sind, sondern schon seit hundert Jahren ausgeführt werden; und doch hat die Meteorologie den erwarteten gewaltigen Impuls nicht empfangen, wenn auch viele schätzbare Thatsachen gesammelt sind! Dieser verhältnissmässig geringe Erfolg der früheren Fahrten, einschliesslich der berühmten Glaisher'schen Hochfahrten, findet indess seine einfache Erklärung darin, dass sie zum grossen Theil zu einer Zeit stattfanden, als die uns jetzt so vertrauten Wetterkarten noch unbekannt waren, und dass selbst später, da schon Wetterkarten vorlagen, die im Luftschiff gewonnenen Beobachtungen trotzdem nicht systematisch mit den Angaben jener Karten über die gleichzeitige allgemeine Wetterlage verknüpft wurden.*) So behielten diese Beobachtungen immer noch den Cha-

*) Es wäre eine gewiss nicht undankbare Aufgabe, die späteren Glaisher'schen Fahrten mit Rücksicht auf die im „Bulletin météorolog. de l'observ. de Paris" und im „Atlas des mouvements généraux de l'atmosphère" enthaltenen Wetterkarten einer Neubearbeitung zu unterziehen.

Digitized by Google

rakter von vereinzelten Thatsachen und konnten sich daher unmöglich als sehr folgenreich erweisen.

Noch ein anderer Umstand beeinträchtigt, wenn auch in beschränkterem Masse, die Verwerthbarkeit fast aller vor 1888 im Luftschiff gewonnenen Thermometerangaben.[9]) In Folge mangelhafter instrumenteller Einrichtungen ist es nämlich überall zweifelhaft, inwieweit die abgelesenen Temperaturgrade die wirkliche Lufttemperatur darstellen; der Fehler mag gelegentlich bis auf mehrere Grade steigen. Zeigten doch bei einer Berliner Fahrt angestellte Vergleichungen der Angaben von Normalinstrumenten ausserhalb und innerhalb des Korbes Differenzen bis zu 9 Grad.[10]) Erst seit die Herren Assmann und v. Siegsfeld das Aspirationspsychrometer wieder eingeführt haben, dessen Wesen darin besteht, dass die zu untersuchende Luft vermittelst eines Aspirators in schnellem Strom bei dem Quecksilbergefäss des Thermometers vorübergeführt wird, — und seit darauf Bedacht genommen wird, nur wirklich freie, hinlänglich fern vom Ballon befindliche Luft zu untersuchen, ist die Gewinnung richtigerer Werthe der Lufttemperatur bei Ballonfahrten zu gewärtigen. Einer ganz ähnlichen Vorrichtung bediente sich übrigens schon Welsh 1852; auch brachte er sein Instrument ausserhalb des Gondelrandes an.

Bei der Kürze der Zeit, seit welcher die Beobachtungen im Luftschiff durch Bezugnahme auf die allgemeine Wetterlage ihres speciellen Charakters entkleidet und zur Höhe einer allgemeineren Erkenntniss emporgehoben werden, ist es selbstverständlich, dass noch nicht von grossartigen, umwälzenden Ergebnissen berichtet werden kann. Nichtsdestoweniger sei es mir gestattet, wenigstens einiger Thatsachen zu gedenken, welche besonders durch die Arbeiten des Münchener Vereins für Luftschiffahrt schon jetzt ans Licht gebracht sind.[11])

Auf Anordnung der königl. bayerischen meteorologischen Centralstation sind wiederholt gleichzeitig mit Münchener Luftfahrten fortlaufende Beobachtungen an den benachbarten Gipfelstationen

Digitized by Google

Hohenpeissenberg, Hirschberg bei Tegernsee, Wendelstein angestellt worden. Dabei hat sich herausgestellt, dass die Temperatur der Gebirgsluft im allgemeinen keineswegs mit der in gleicher Höhe herrschenden Temperatur der freien Atmosphäre übereinstimmt. Dieses qualitativ allerdings vorauszusehende Ergebniss ist nun für verschiedene Jahres- und Tageszeiten und verschiedene Wetterlagen auch quantitativ genauer festgestellt worden.

Besonders lehrreich erwiesen sich zwei im Centrum sommerlicher Barometermaxima bei heller Mondnacht unternommene Fahrten. Die Ausführung der Beobachtungen war bei denselben wesentlich erleichtert durch einen von Hrn. Professor Finsterwalder ersonnenen Apparat, der es ermöglicht, den gleichzeitigen Stand des Aneroidbarometers, des trockenen und feuchten Thermometers und der Uhr bei Beleuchtung durch elektrische Glühlämpchen zu photographiren. Obgleich nach Ausweis der Wetterkarten die Wetterlage in beiden Fällen ziemlich gleichartig erschien, so zeigten sich doch in grösserer Höhe recht erhebliche Verschiedenheiten, sowohl bezüglich der Temperatur und Feuchtigkeit, als bezüglich der Windgeschwindigkeit: ein gewiss bemerkenswerthes Resultat! Bis 300 m über dem Boden waren indess die Verhältnisse bei beiden Fahrten nicht wesentlich verschieden: bis dahin nahm die Temperatur mit der Höhe stetig zu, und oben herrschte etwa jene Temperatur, welche die tagsüber vom heissen Erdboden aufsteigende und dabei sich abkühlende Luft — nach den Grundsätzen der mechanischen Wärmetheorie — in jener Höhe besitzen muss. Daraus folgt, dass in solcher Höhe keine nennenswerthe nächtliche Abkühlung mehr stattfindet und dass somit die Tagesperiode der Temperatur in und oberhalb jener Höhe nur eine äusserst geringe Amplitude besitzen kann. Dieses Ergebniss stimmt erfreulich überein mit Schlüssen, die Hr. Hann auf ganz anderem Wege aus gewissen Beobachtungen an Gipfelstationen abgeleitet hat.

Einiges Licht haben die wissenschaftlichen Ballonfahrten ferner schon auf die Entstehung der sommerlichen Wärmegewitter zu werfen

Digitized by Google

vermocht. Eine nicht geringe Zahl von Fahrten ist nämlich an warmen Sommertagen unternommen worden, wenige Stunden bevor Gewitter zum Ausbruch kamen. Die Vertheilung des Luftdrucks war meist sehr gleichförmig, die Luftbewegung gering, ein ausgesprochenes Maximum oder Minimum nicht vorhanden. Ausnahmslos zeigte sich nun an diesen Tagen mit Sommergewittern die Temperaturabnahme nach oben ganz ungewöhnlich gross, woraus zweierlei zu schliessen ist. Einmal kann mit einiger Wahrscheinlichkeit gefolgert werden, dass an diesen Tagen die Eisregion in geringerer Höhe über dem Erdboden als sonst durchschnittlich gelegen war; ein Schluss, der in allen diesen Fällen durch verschiedene Erscheinungen Unterstützung gefunden hat, sei es durch das Auftreten von niedrigem Eisgewölk, sei es durch Hagelfall, sei es unmittelbar durch Eindringen des Ballons in Regionen mit Temperaturen unter Null. Die zweite Folgerung ist aber die, dass bei dem nachgewiesenermassen labilen Zustand der Luft vielfach schnell emporwirbelnde Luftmassen unter Haufwolkenbildung auftreten mussten. Solche sind denn auch in grosser Zahl beobachtet worden, theils nur aus der Ferne, theils unmittelbar dadurch, dass der Ballon mit der Haufwolke zugleich emporgerissen wurde, wie bei zwei Berliner Fahrten berichtet wird. Durch solche aufsteigende Ströme werden aber Wassertheilchen in die Eisregion hinaufgeführt und heftige Reibung zwischen Wasser und Eis kann erfolgen — z. B. beim Hindurchfallen von Hagelkörnern durch eine Tröpfchenwolke —, womit die Entwicklung grosser Elektricitätsmengen verknüpft ist. So wird die Entstehung dieser Wärmegewitter einigermassen begreiflich.

In Minimalgebieten, den Tummelplätzen von Sturm und Regen, sind bisher natürlich nur selten wissenschaftliche Fahrten unternommen worden; denn Abfahrt wie Landung sind bei stürmischem Wetter gefährlich. Indessen überwindet man die Schwierigkeiten der stürmischen Landung durch Anwendung der Zerreissvorrichtung, welche die fast momentane Entleerung des Ballons bewirkt und dadurch die gefährliche Schleppfahrt vermeidet. Solche Fahrten in

Digitized by Google

Depressionsgebieten versprechen aber besonders interessante Aufschlüsse. So hat z. B. die vorher erwähnte Berliner Hochfahrt nicht nur die bisher ungeahnte Mächtigkeit einer Wolkenschicht von 6000 m kennen gelehrt, sondern sie gestattete auch, festzustellen, „dass sich zwei Depressionen übereinander wegbewegten, deren jede ihren vollständig getrennten Luftkörper mit gesondertem Wind-, Wolken- und Niederschlagssystem besass“.[12]) Bei einer anderen Berliner Fahrt (16. März 1894) in der Nähe des Centrums einer flachen, weitausgebreiteten Depression mit mächtigem Landregen liess sich die zur Mitte der Depression gewölbt ansteigende pilzartige Form der Wolkenmasse feststellen.[13])

Schliesslich wurde gelegentlich einer Münchener militärischen Ballonfahrt am Rande eines Barometermaximums, bis in dessen Nähe aber von Schottland her eine tiefe Depression einen Ausläufer entsendete, eine merkwürdige Beobachtung gemacht, welche helles Licht auf eine Helmholtz'sche theoretische Untersuchung wirft. Hierüber sei noch eine kurze Bemerkung gestattet. Gleichwie der Wind auf der Meeresfläche Wogen erzeugt, die mit parallelen Kämmen in gleichen Abständen hintereinander herziehen, so muss nach Helmholtz auch beim Dahinströmen von Luft über einer anderen Luftschicht von anderer Dichtigkeit, Geschwindigkeit und Strömungsrichtung diese letztere Schicht oft zu Wogen aufgewühlt werden. Solche parallele Luftwogen kann man gar nicht selten beobachten; sie werden sichtbar, wenn die untere Luft so reich an Wasserdampf ist, dass derselbe beim Aufsteigen im Wellenberge — in Folge der dabei eintretenden Abkühlung — sich condensirt. Dann erscheint plötzlich am Himmel eine Reihe regelmässiger Wolkenstreifen, die aber wenig Bestand haben und sich oft neu bilden. Gerade so nun, wie die Wasserwelle das einzelne Wassertheilchen zu einer auf- und abschaukelnden und zugleich vor- und rückwärts schreitenden Bewegung veranlasst, d. h. dasselbe in einer kreisähnlichen Bahn herumführt, so muss es auch einem Lufttheilchen ergehen, das von der Luftwoge ergriffen wird.

Digitized by Google

Nun wurde bei jener militärischen Uebungsfahrt am 12. Januar 1894 im Laufe einer Viertelstunde folgende, etwa zehnmal sich wiederholende Erscheinung beobachtet. „Ohne Ballastauswurf erhob sich der Ballon auf etwa 60 m, wo er, von einer ziemlich starken Windströmung erfasst, vorwärts trieb. Die Insassen hatten dabei den Wind (Gegenwind) im Gesicht; bald fiel der Ballon aber auf ca. 20 m, blieb etwa eine halbe Minute ganz stehen, ging dann 10 m zurück und erhob sich wieder bis auf die frühere Höhe von 60 m, worauf dieselbe Bewegung von neuem begann. Als diesem Spiel durch Ballastausgabe ein Ende gemacht wurde, stieg der Ballon auf 280 m, wo eine Temperatur von $+5\frac{1}{2}^0$ herrschte, während am Boden etwa -8^0 beobachtet wurde.“ [14]) Augenscheinlich war der Ballon von Luftwogen ergriffen worden, welche — übrigens unsichtbar — an der Grenze einer unteren kalten und einer über sie hinwehenden warmen Luftströmung entstanden waren.

Hier sei auch darauf hingewiesen, dass es eine von vornherein nicht abzuweisende Möglichkeit ist, manche hintereinander herlaufende Barometerminima als die Wirkung von aufeinanderfolgenden Wellenbergen von vielen Kilometern Länge aufzufassen.[15])

Doch diese wenigen Beispiele mögen genügen, um eine Vorstellung davon zu geben, was für merkwürdige und ungeahnte Aufschlüsse von dem systematisch fortgesetzten Studium des Luftmeeres vermittelst Ballonfahrten zu erwarten sind.

Wenn aber dereinst der Schleier, mit dem die Natur die atmosphärischen Vorgänge geheimnissvoll verhüllt hat, gelüftet sein wird; wenn spätere Generationen das für uns noch so verworrene Getriebe der Luftströmungen klar durchschauen, so dass sie den kommenden Witterungszustand nicht nur mit einiger Wahrscheinlichkeit, sondern mit voller Sicherheit vorauszuerkennen vermögen: so werden sie dies in erster Reihe dem Umstande zu verdanken haben, dass in unserer gegenwärtigen Zeit die Erkenntniss sich Bahn gebrochen hat von der eminenten Bedeutung der wissenschaftlichen Ballonfahrten.

Digitized by Google

Literatur.

1) Hellmann, Zeitschrift für Luftschiffahrt. 11. 1892. S. 14.

2) Hermite, Zeitschrift für Luftschiffahrt. 13. 1894. S. 109.

3) Biot und Gay-Lussac, Gilberts Annalen. 20. 1805. S. 1 ff.

4) Less, Zeitschrift für Luftschiffahrt. 13. 1894. S. 193.

5) Hann, Sitzungsberichte der mathematisch-naturwissenschaftlichen Classe der Wiener Akademie, 17. April. 1890. IIa. Ferner Meteorologische Zeitschrift, 1890, S. 226 und 344.

6) Helmholtz, Sitzungsberichte der Königlich Preuss. Akademie vom 3. Mai 1888.

7) Pernter, Meteorologische Zeitschrift, 1889. S. 459.

8) Möller, Meteorologische Zeitschrift, 1891, S. 72 und 1893, S. 327.

9) Assmann, Zeitschrift für Luftschiffahrt. 1892. S. 33.

10) Fahrt vom 7. April 1893. Zeitschrift für Luftschiffahrt. 1894. S. 29.

11) Finsterwalder und Sohncke. Einige Ergebnisse wissenschaftlicher Fahrten des Münchener Vereins für Luftschiffahrt. Meteorologische Zeitschrift. 1894. S. 361.

12) Berson, Zeitschrift für Luftschiffahrt. 13. 1894. S. 204.

13) Berson, Zeitschrift für Luftschiffahrt. 13. 1894. S. 214.

14) Jahresbericht des Münchener Vereins für Luftschiffahrt. 1893. S. 47. Auch in der „Meteorologischen Zeitschrift“ 1894. Finsterwalder und Sohncke. S. 375.

15) Krebs, „Meteorologische Zeitschrift“ 1891. S. 424.

Digitized by Google

Digitized by Google

Akademische Buchdruckerei von F. Straub in München.

Digitized by Google

Digitized by Google

Eng 5508.94.3
Ueber die bedeutung wissenschaftlic
Cabot Science
006633479
3 2044 091 988 410

Digitized by Google